



TITLE:

ロボット倫理学の可能性

AUTHOR(S):

久木田, 水生

CITATION:

久木田, 水生. ロボット倫理学の可能性. 京都大学文学部哲学研究室紀要
2009, 11

ISSUE DATE:

2009-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/71114>

RIGHT:

ロボット倫理学の可能性

久木田水生

1. 序

近年、ロボット工学に関する倫理がしばしば議論されている。経済産業省の「平成 18 年度技術戦略マップローリング事業」として、日本総合研究所、日本ロボット学界、人工知能学会、人間工学会が協同で作成した「ロボット分野のアカデミック・ロードマップ」においては、ロボット工学が社会の福祉に貢献するためには「技術倫理学、技術社会学、ロボット倫理学、ロボット社会学の確立が肝要」である、と述べられている⁽¹⁾。また韓国産業資源省は 2007 年 4 月、「ロボット倫理憲章 (Robot Ethics Charter)」の草案を発表し、その中でロボットの開発者、使用者の従うべき倫理のみならず、ロボット自身の従うべき倫理を提示し、ロボットと人間が相互の「生命」と「尊厳」を守るべきことを定めている⁽²⁾。また同年 11 月、千葉大学では「千葉大学ロボット憲章 (知能ロボット技術の教育と研究開発に関する千葉大学憲章)」が制定されたが、そこには「非倫理的・非合法的な利用を防止する技術をロボットに組み込むこと」などが規定されている⁽³⁾。

ロボット工学において倫理が論じられるとき、そこには通常の工学倫理とは明らかに異質な点がある。通常の工学倫理は、技術が社会に与える影響に対するエンジニアの責任を論じるものである。一方でロボット工学において論じられる倫理は、ロボットそのものを道徳的行為者 / 受容者としてとらえる、という側面も持つ。そしてそこでは「ロボットの従うべき倫理」や「ロボットに対する道徳的考慮」が論じられるのである。

ロボット倫理学を論じる人々は、ロボットが道徳的存在者とみなされるような将来を予見している。上記の「ロボット分野のアカデミック・ロードマップ」を作成したのは、哲学者や倫理学者ではなく、実際にロボット工学に従事している人々である。ロボットは哲学者の知らないうちに道徳的存在者と見なされうろほどに発達しているのだろうか？ それともこれはロボットの外見上の人間らしさによって引き起こされた、ロボット・アーティストたちの「ピグマリオン・コンプレックス」とでも言うべき反応なのか？ 私はどちらに対しても答えは否であると思う。

現在のロボットは、道徳的存在者と呼べるものではないし、またロボット工学が、本気でそのようなロボットを誕生させる方向に向かおうとしているとも思えない。それでもなお、ロボット倫理学には、通常の工学倫理とは異なる、独自の重要性がある。一つは、「道徳的」なロボットやコンピュータを使ったシミュレーションが、総合動物行動学 (synthetic ethology) の延長としての総合倫理学 (synthetic ethics) という新しい分野を開拓しうる、ということである。もう一つは、専門家の倫理的判断をシミュレートするエキスパート・シス

テムが実現可能であり、かつ、それを実現することにはかなりの経済的利益が見込まれるため、社会はそのようなシステムの実用化に対して準備をしておかなければならない、ということである。

2. ロボット倫理学の問題

人が「ロボット倫理学」という言葉を使うとき、次の三つのこと（のいずれか）が念頭に置かれているようである。

- (1) ロボットを製造する際の倫理
- (2) ロボットの守るべき倫理
- (3) ロボットに対する倫理

(1)はロボット工学者が、研究開発の際に従うべき倫理的指針である。例えば、ロボットが平和的に安全に利用されるように配慮する、ロボットを通じての利用者のプライバシー情報が漏洩しないように配慮する、などの指針が考えられる。ロボットは将来的に交通、医療、介護、娯楽、警察、軍事にいたるまで、社会の隅々に浸透することが予想される。家事ロボットやペットロボットが一般家庭に置かれることも珍しくなくなるかもしれない。それゆえにロボットを製造する側で、一定の倫理的基準を定めておくことは必要不可欠な措置である。

しかし私たちにとってより興味深いのは、(2)(3)である。というのも、(1)は通常の工学倫理と共通の問題であるのに対して、(2)(3)はロボット倫理学に特有の問題であるからだ。(2)には、ロボットが道徳的行為者になりうるということが、前提されている。(3)においては、ロボットが道徳的配慮を受けるべき対象であることが前提されている。これらの前提はいささかSF的に過ぎ、従って(2)(3)について論じることは、単なる思考実験以上のものにはなりえないように思われるかもしれない。

以下では、ロボットが道徳的行為者になれるかという問題、およびロボットが道徳的受容者になれるかという問題について考えてみよう。

2.1 ロボットは道徳的行為者になれるか？

私たちは自動車が道徳的行為者であるとは考えない。自動車が原因となる事故あるいは事件が起きたときは、その責任は運転者または製造者が引き受けなければならない、と考える。なぜならば、ある結果に対して責任を持つのは、意志によって選択した行為によってその結果を引き起こした者に限られるからである。自動車は自分の意志で自分の行動を選択できない。それは操作されるままに動くだけである。従って自動車は道徳的行為者ではない。

意志を持つということがどういうことか、というのは大きな哲学的問題であるが、それを論じるのが私たちの目的ではない。ここでは簡単に、ある主体が意志を持つのは、それが

- (1) なんらかの事態を表象し、
- (2) その事態が実現することを目的として、
- (3) 何らかの行動を選択する

場合である、と理解しておくことにしよう。このように理解したとき、ロボットが意志を持つことは可能だろうか。

(1) について。ロボットに表象を持たせること自体は難しいことではない。問題はその表象がロボットにとって現実世界の何かを意味するかどうか、ということである。これは、人工知能の分野で「記号接地問題 (the symbol grounding problem)」と呼ばれ、現在盛んに論じられている問題である⁽⁴⁾。記号接地問題に対するアプローチは様々であるが、大きく分けると、感覚的表象 (アイコン) から範疇化の過程を経てシンボルを形成させる方法、複数のロボット・エージェントに課題を与え、その過程で言語的コミュニケーションを発達させる方法、コンピュータの中の人工生命を用いて、言語の進化をシミュレートする方法などがある。もしもこういった方法によって、ロボットや人工知能に有意義な記号を使わせることができるならば、ロボットが何かの事態を表象するということが可能になるはずである。

(2) について。目的を持つということは、利害 (interest) を持つことの帰結として導かれる。この点は、ロボットが道徳的受容者になれるかという問題と関連させて、次節で論じたい。結論だけを言えば、ロボットに目的を持たせることは技術的に困難であり、近いうち実現される可能性は低い。しかしその可能性は皆無ではない。

(3) について。かつてはロボットや人工知能は「あらかじめプログラムされていることしかできない」と言われた。だとすればロボットの動作は、そのロボット自体の選択の結果と見なすことは出来ない。しかしこの批判は現在のロボットや人工知能には当てはまらない。彼らは経験を通じて学習し、独自の経験則を形成することが出来るからである。例えば帰納論理プログラミング (ILP) によって学習をする人工知能は、与えられた多くの事例の中から、新しい法則を導き出すことが出来る⁽⁵⁾。この法則はプログラマ、設計者が人工知能に与えたものではない。従ってその法則に従って作業を行うとき、その人工知能は自らの経験から学んだことに従ってそうしている、ということが出来るのである。

ILP は現在、様々なエキスパート・システムの構築のためにも利用されている。エキスパート・システムとは、人間の専門家の判断をシミュレートする人工知能である。エキスパート・システムが応用されている分野は、医療、工業、薬学、化学など、多岐にわたっている。また ILP の他にも、ニューラル・ネットワーク、遺伝的アルゴリズム、ベイズ推定など、経験によって機械に学習を行わせる方法は様々あり、これらの方法を実装した機械学習システムのあるものは、実用においても大きな成果を挙げている。

以上から、ロボットが道徳的行為者になるための最も困難なハードルは、目的を持つことである、と考えられる。目的を持つということは、利害を持つということと密接に関連

する。次節では、ロボットが道徳的受容者になれるか、という問題を検討し、そこでまたロボットが利害を持てるかということも考えたい。

2.2 ロボットは道徳的受容者になれるか？

通常の工業製品に対して、私たちが道徳的配慮をすることはない。もちろん、例えば自動車の所有者は、定期的にメンテナンスを行う、自動車の機能を損なう改造はしない、乱暴な運転はしない、などの配慮をする必要はある。しかしこれらは、結局のところすべて人間に対する道徳的配慮である。自動車そのものが道徳的受容者になっているわけではない。

道徳的受容者であるためには、独自の利害を持っていなければならないが、現在のところ独自の利害を持っているといえるようなロボットは存在していない。従って現存するロボットは道徳的受容者としての資格を持っていない。しかし、もしも独自の利害を持つロボットが存在すれば、私たちは彼を道徳的受容者とみなすかもしれない。それでは、そのようなロボットが開発される可能性はあるのだろうか。

ここには二つの問題がある。一つはそもそもそのようなロボットを開発することが原理的に可能なのかという問題であり、もう一つはそのようなロボットを開発することを実際の利点があるのかという問題である。というのも、仮に独自の利害を持つロボットを生産することが原理的に可能であるとしても、そこに実際の利点がなければ、そのロボットが開発されることを心配する必要はないからだ。

前者の論点について。動物の権利を主張する倫理学者たちは、動物たちは「快苦」という利害を持つ、と主張する。そしてこれが動物の権利を要求する根拠になっている。しかしこの利害をロボットに実装することは実質的に不可能だろう。なぜならばロボットが快や苦の感覚質を持っているかどうかを、私たちは判断できないからである。

快苦という感覚は、主に個体の生存や種の保存と密接に結びついているように思われる。つまり生物は一般的には、個体の生存や種の保存に有利に働くものに対して快を感じ、その反対のものに対して苦痛を感じる、というように。おそらく、このことを説明する最も単純な方法は、快や苦痛は生物の生存に貢献するがゆえに存在してきたのだ、と述べることだろう。生存にとって有利な事物に快を感じ、従って、それを求めようとする生物は、そうでない生物よりも生存するより大きなチャンスを持つはずだ。そのようにして快苦の感覚は選択されてきたのだろう。だとすれば快苦という利害は、究極的には「生存（種の保存）」と「死（種の絶滅）」に関わっている、ということになる。従って私たちは、生存と死という利害が生物にとってより根本的なものだ、と考えることが出来る。

生死が快苦よりも、より根本的な利害だとすれば、感覚質の有無に関わらず、すべての生物は利害を持つ。それどころか、自己保存的あるいは自己創出的な、あらゆるシステムは利害を持つといえる。従って自己の保存や同種の製造を行うようなロボットが可能だとすれば、彼らは「生死」という利害を持つといえる。

自己を複製するロボットが理論的に可能であることはフォン・ノイマンのセル・オートマトンによって示されている。またたとえば自動的にエネルギーの補給を行うロボットは、自己保存的ロボットの一つのモデルである。しかし、ロボットが本当に利害を持つといえるレベルに到達するには、そのロボットの自己保存・自己複製機能が相当に強力なものでなければならない。動物が生存と繁殖を利害として持つのは、その利害を持たなければその動物の生存、およびその種の存続が不可能だからである。

私たちは自動的にエネルギー補給するロボットを、利害を持つものとは考えない。なぜならば、そのロボットはその機能を持たずとも存続できる⁽⁶⁾だろうということ、またエネルギーの補給を邪魔されれば、無理に補給を遂行しようとはしないことを、私たちは知っているからである。あるロボットが利害を持つのは、そのロボットの生存・複製機能が、まさにそのロボットにとって死活問題である場合である⁽⁷⁾。

要するに本当の利害を持つロボットとは、人間が何もしなくても勝手に自分で自分のメンテナンスを行い、さらに勝手に自己複製して増殖するようなロボット（すなわち人工生命に他ならない）のことである。このようなロボットを作ることは技術的に困難であろう。また膨大なコストがかかる上に、そのわりに実用上の利益がないことも想像に難くない（それどころか、このようなロボットは人間にとって有用な資源を、彼らの目的のためだけに消費してしまうのである）。コンピュータ上のシミュレーションでは、このような人工生命を作る試みが実際に行われている。しかしそれらの人工生命もコンピュータによって常にケアされていなければならないという点で、やはり本当の生存機能を持つと呼べるものではない。

要約すると、ロボットにとって、道徳的行為者となるためにも道徳的受容者になるためにも、固有の目的を持つことの難しさがネックになる。それは理論的に不可能であるとはいえないかもしれないが、大きな技術的な困難を伴う上に、それを実現させるために必要とされるだろうコストの大きさと、そのことによって得られるであろう利益の乏しさ（あるいはむしろ不利益）を考えると、実現される可能性は低いといわざるを得ない。

3 ロボット倫理学の意義

本節では、ロボット倫理学の持ちうる意義を次の二つの点で検討したいと思う。一つは、ロボットを利用することによって、新しい倫理学研究の方法が得られるかもしれない、ということである。もう一つは、ロボットが人間の道徳的タスクを補助する道具になる可能性は十分にあり、その実用化の際にはやはり新しい倫理が必要になるだろう、ということである。

3.1 総合倫理学の可能性

「総合動物行動学（synthetic ethology）」という分野がある。これはコンピュータやロボッ

トを用いたモデルによって、生物や生物学的システムの特定の振る舞い——例えば、言語的コミュニケーションや協力行動、利他行動など——をシミュレートする試みを指す⁽⁸⁾。この分野のスローガンは「作ることによって理解する」である。

近代科学は分析・分解という手段に頼って発展してきた部分が多い。化学・物理学は物質を分子、原子、素粒子へと分析し、生物学は生物を器官、組織、細胞へと分解してきた。このように、事物を構成部分へと分解することによって理解することは、科学的方法のひとつのパラダイムである。

しかし他方、部分に分解することによっては理解できない現象もまた存在する。例えば気体の運動がそうである。一定の容積を持った気体の振る舞いを理解することは、気体を構成する個々の分子の振る舞いを見ることによって是不可能である。というのも、無数の気体分子が相互作用することによって、個々の分子の性質や運動には還元できない、全体としての性質や運動が生じているからである。気体全体の運動や性質を理解するためには、私たちは実際に分子の塊としての気体を観察しなければならないのである。

同様のことは、多数の要因が相互作用している力学系の状態や振る舞い一般についても当てはまる。そのような力学系全体の振る舞いを理解するために、個々の要素を分離して、その単独での振る舞いを観察しても、意味はない。というのも、系全体の状態や振る舞いは、多数の要素の振る舞いの相互作用から創発する、「高次の秩序」だからである。

近現代の社会学・経済学・生物学の大きな発見の一つは、人間や動物の作る社会もまた、マクロの視点からしか理解することが出来ない高次の秩序を持っている、ということであった。このマクロの視点の発見は、コンピュータ・テクノロジーの発展と相俟って、シミュレーションという新しい研究方法を、これらの分野に導入することになった。私たちはコンピュータ・シミュレーションを通じて、複雑な系の状態が刻々と遷移していく様子を観察し、個々の要素の運動や静止した系の状態を観察しただけでは理解できない、新しい秩序を見出すことが可能になった。そしてこのことによって、以前は科学的に扱うことが困難とされていた生態系の進化や言語の発生など問題が、実証的な科学的探究の対象として扱われるようになったのである。

ルチアーノ・フロリディの「情報倫理」は、このマクロの視点を倫理学にも導入しようという試みである⁽⁹⁾。マクロ的な視点は、既にベンサムの「最大多数の最大幸福」という格率にも現れているが、それを厳密な力学的概念によって定義し直した点と、人間以外の道徳的存在者を認める普遍性を持つという点が、フロリディの理論の特徴である。

フロリディは情報の流通・保存が行われている世界を「情報圏 (infosphere)」と呼び、情報圏を構成する対象を「情報的存在物 (infomants)」と呼ぶ。そして彼は、情報的存在物はすべて道徳的行為者 / 受容者として尊重するべきである、ということを主張する。この立場では人間や生物は、もちろん自然の物体や人工物も道徳的配慮を受ける存在である。

情報的存在物を尊重するということを、フロリディは情報エントロピー理論を用いて定

式化する。倫理的善は、個々の情報的存在物を基準にして考えられるのではなく、情報圏全体の状態を基準にして考えられる。彼は一つの系として考えられた情報圏全体のエントロピーを低く保つこと（従って情報を保持すること）が善であり、逆にエントロピーを高くすること（情報を失うこと）が悪であるとする。

フロリディの情報倫理は、倫理的概念を力学の用語で定義しなおすことで、倫理学にシミュレーションを導入する可能性を開く。種々の情報的存在物をモデル化した「道徳的」ロボット・エージェント（またはコンピュータ・エージェント）を考え、それらを情報圏をモデル化したシチュエーションにおいて相互作用させる。その上で情報圏モデル全体の状態の遷移を観察する。このことによって私たちはマクロな視点から見た倫理的系の振る舞いを理解することが出来る。これは総合倫理学（synthetic ethics）とも呼ぶべきものであろう。

総合倫理学で用いられるロボット・エージェントは、本当の意味で道徳的存在者である必要はもろろんない。本当の道徳的存在者であれば、それをシミュレーションに使うことに問題が生じるだろう。従ってこの場合、本当の道徳的存在者でないことが、むしろロボット・エージェントの利点になる。

3.2 道具としての「道徳的」ロボット

2節で述べたように、現在、人工知能は様々なエキスパート・システムに応用されている。人間の知的タスクを補助する道具としての人工知能は、ますます私たちの社会の不可欠な部分になっていくだろう。人工知能はさらに、人間の道徳的タスクを補助する道具となる可能性もある。問題は、道徳的存在者ではない人工知能が道徳的な決定を下すことは許されるのか、ということである。この問題は単なる思考実験ではない。技術的には通常のエキスパート・システムを作るのと同じことであるし、潜在的な需要もある。

例えば、2009年5月から日本では裁判員制度が実施されることになっている。しかしながら、少なくない割合の人々が裁判員に選ばれたくないと思っているらしい。刑事裁判の量刑にもっと一般人の感覚を取り入れようという理念は理解できるが、しかしそのために自分の時間をとられるのはありがたくない、というのが多くの人の本音であろう。そこで量刑に関する「一般人の感覚」をシミュレートするエキスパート・システムを作ってはどうかだろう。もし本当に「一般人の感覚」などと呼べるものが存在するなら、相当に良い判断を下すことが出来るエキスパート・システムが作れる見込みは高い。そしてそのことによる経済的な利益もかなりのものだろう。

実際に倫理的判断をシミュレートするエキスパート・システムの設計に取り組んでいる研究者もいる。例えば、アンダーソンとアンダーソンの MedEthEx は、ILP（2.1 節参照）を利用した次のような機械学習システムである。介護対象の患者が薬を飲みたがらなかったとき、介護士には次の三つの選択肢がある：(1) 薬を飲むことを強制する、(2) 薬を飲ませず医者には知らせる、(3) 薬を飲ませず医者にも知らせない。もちろん患者の健康のためには薬

を飲ませるべきであるが、薬を飲まないことによる身体への否定的な影響よりも、薬を飲むことを強制されることの精神的な苦痛がより深刻であるような場合もある。経験を積んだ介護士は、どのような状況でどの選択肢を選ぶべきか、ということを理解している。そこで様々な介護士の判断の事例を集め、ILPによってそこから判断のための規則を抽出させる。このようにして介護士の倫理的な判断をシミュレートする⁽¹⁰⁾。

機械に道徳的な判断をさせることの最大の問題は、その判断が間違っていたときに、機械にはその責任が取れないということである。道徳的な責任が取れるためには、それ自身が道徳的存在者でなければならない⁽¹¹⁾。しかし、その実現の容易さと潜在的な需要の高さを考えると、「道徳的」ロボットが人間を支援する道具として社会に入ってくる可能性は高いだろう。私たちは少なくともそのための準備をしておく必要はある。

4. まとめ

本論文では、ロボット倫理学がどのようなものでありうるか、そしてどのような意義を持ちうるか、ということを考察し、以下の結論を導いた。

ロボット倫理学は、一方では通常の工学倫理と同様に、「ロボットを研究開発する工学者の守るべき倫理的指針」を意味する。それと同時にロボット倫理学は、ロボットは道徳的行為者になりうるという前提のもとで、「ロボットの守るべき倫理」と、「ロボットに対する倫理」を意味する。しかし後者の意味でのロボット倫理学は、現実的ではない。

しかし、これらとは異なる二つの意味で、ロボット倫理学が有意義である可能性がある。第一に、フロリディのマクロ倫理学にもとづき、ロボット・エージェントを用いた倫理的シミュレーション、総合倫理学を発展させることが出来る。第二に、人間の道徳的タスクを補助する道徳的ロボットが実現可能であり、それにまつわる倫理的な問題を私たちは考える必要がある。

いずれにせよ、ロボット倫理学は、単なる思考実験でも言葉の遊びでもない。理論的に、そして実際に、ロボット倫理学は、将来、倫理学の一分野として確立されていく必要性があるだろう。

註

⁽¹⁾ <http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/whatsai/PDF/rloadmap2.pdf>

⁽²⁾ 韓国産業資源省「ロボット倫理憲章」草案

第一条（目標） ロボット倫理憲章の目標は人間とロボットの共存共栄のために人間中心の倫理規範を確認するところにある。

第二条（人間、ロボットの共同原則） 人間とロボットは互いの生命の尊厳性と情報、工学的倫理を守らなければならない。

第三条（人間倫理） 人間はロボットを製造して使う際に、常に善悪を判断して決めなければならない。

第四条（ロボット倫理） ロボットは人間の命令に従順である友人・お手伝い・パートナーと

して人間に害を与えてはならない。

第五条（製造者倫理） ロボット製造者は人間の尊厳性を守るロボットを製造し、ロボットリサイクル、情報保護義務を持つ。

第六条（使用者倫理） ロボット使用者はロボットを人間の友人として尊重するべきで、不法改造やロボット乱用を禁じる。

第七条（実行の約束） 政府と地方自治体は憲章の精神を実現するために有効な措置を施行しなければならない。

（<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8>）

(3) 「千葉大学ロボット憲章（知能ロボット技術の教育と研究開発に関する千葉大学憲章）」

第1条（倫理規定） 本ロボット憲章は、千葉大学におけるロボットの教育と研究開発に携わるすべての者の倫理を規定する。

第2条（民生目的） 千葉大学におけるロボット教育・研究開発者は、平和目的の民生用ロボットに関する教育・研究開発のみを行う。

第3条（非倫理的利用防止） 千葉大学におけるロボット教育・研究開発者は、非倫理的・非合法的な利用を防止する技術をロボットに組み込むこととする。

第4条（教育・研究開発者の貢献） 千葉大学におけるロボット教育・研究開発者は、アシモフのロボット工学三原則（注）ばかりでなく、本憲章のすべての条項を遵守しなければならない。

第5条（永久的遵守） 千葉大学におけるロボット教育・研究開発者は、大学を離れてもこの憲章の精神を守り尊重することを誓う。

（注）ロボットのあるべき姿を規定したアイザック・アシモフのロボット工学三原則は、次の通りである。

第一条 ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。

第二条 ロボットは人間から与えられた命令に服従しなければならない。ただし、与えられた命令が、第一条に反する場合は、この限りではない。

第三条 ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのない限り、自己を守らなければならない。

（<http://www.chiba-u.ac.jp/general/robot/robot.html>）

(4) Cf. Harnad (1990).

(5) Cf. Gillies (1999); 古川他 (2002).

(6) ここでいう「存続」とは、単に存在し続けるということだけではなく、そのロボットの持つ本来の機能を働かせ続けるということを意味している。

(7) ミリカンの言葉を借りれば、自己保存・自己複製機能を、そのロボットの「固有機能」として持つ、ということになる。Cf. Millikan (2004).

(8) Cf. MacLennan (2007).

(9) Cf. 西垣通・竹之内禎 (2007).

(10) <http://www.MachineEthics.org>

(11) デネットは機械が道徳的責任を問える存在であるためには、自らの心的状態に関する高次の意識を持つ必要がある、と論じる。Cf. Dennett (1997).

文献

Dennett, D. C. (1997) “When HAL Kills, Who’s to Blame?: Computer Ethics,” in Stork, D. G. ed. *HAL’s Legacy: 2001’s Computer As Dream and Reality*, Cambridge: The MIT Press, pp. 351–365.

Gillies, D. (1999) *Artificial Intelligence and Scientific Method*, New York: Oxford University Press.

Harnad, S. (1990) “The Symbol Grounding Problem,” *Physica D*, Vol. 42, pp. 335–346.

MacLennan, B. (2007) “Making Meaning in Computers: Synthetic Ethology Revisited,” in Loula, Gudwin, and Queiroz eds. *Artificial Cognition Systems*, Hershey: Idea Group Publishing, pp. 252–283.

Millikan, R. G. (2004) *Varieties of Meaning: The 2002 Jean Nicod Lectures*, Cambridge: The MIT Press.
(邦訳：『意味と目的の世界』，信原幸弘訳，勁草書房，2007年）．

古川康一・尾崎知伸・植野研 (2002) 『帰納論理プログラミング』，共立出版．

西垣通・竹之内禎 (2007) 『情報倫理の思想』，NTT 出版．

〔龍谷大学非常勤講師・哲学〕